

洋山港码头污损生物的群落结构和多样性研究

薛俊增¹, 王宝强¹, 庄 骅², 吴惠仙¹, 朱憬琛¹, 林 葳¹

1. 上海海洋大学; 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306
2. 洋山同盛港口建设有限公司, 上海 201308

摘要 洋山港是上海国际航运中心的枢纽港, 大量外来货轮的停靠使洋山港成为污损生物入侵的高风险区, 同时污损生物的大量附着也将对港口设施造成严重影响。为了解洋山港码头污损生物的多样性现状及演变趋势, 2010年5月通过对码头不同潮区污损生物群落的样方采样, 分析了洋山港码头的群落结构及多样性现状。洋山港码头共采集到污损生物17种, 网纹纹藤壶和僧帽牡蛎为优势种 ($Y=0.396, 0.250$)。从高潮区到低潮区, 污损生物群落结构明显不同: 种类数、密度和生物量基本呈上升趋势, 均匀度呈明显下降趋势, 而多样性指数则呈先上升后下降趋势。对覆盖率和多样性指标进行回归分析得出, 洋山港污损生物覆盖率与多样性指数呈单峰上拱曲线, 覆盖率在30%~40%区间内污损生物多样性最高。该结果在 Shannon-Wiener、Margalef 和 Simpson 三种多样性指数中均支持中度干扰假说。

关键词 洋山港; 污损生物; 群落结构; 多样性; 覆盖率

中图分类号 Q958

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.03.11

Community Structure and Diversity of Fouling Organisms in Yangshan Port

XUE Junzeng¹, WANG Baoqiang¹, ZHUANG Hua², WU Huixian¹, ZHU Jingchen¹, LIN Wei¹

1. Ministry of Education Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Resource, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China
2. Yangshan Tongsheng Port Construction Co. Ltd., Shanghai 201308, China

Abstract Yangshan port is a China's major port and is building into an international shipping center. Docking of foreign vessels puts the Yangshan Port in a high risk of biological invasion. At the same time, the attachment of the fouling organisms in large numbers seriously affects the port facilities. In order to explore the diversity condition and development trend of fouling organisms in Yangshan Port, the community structure and the diversity of fouling organisms were studied by an asystematic scheme of quantitative quadrat sampling in different intertidal areas of Yangshan Port on May 2010. 17 species of fouling organisms were sampled. The dominant species were Amphibalanus reticulates and Ostrea cucullata. Density, biomass, community structure and diversity see significant difference in different intertidal areas. Species richness, density and biomass show an increasing tendency with the rising of the intertidal area. However, the evenness shows a decreasing tendency. The biodiversity index varies in the following manner: middle tidal zone > low tidal zone > high tidal zone. The coverage data of live fouling organisms in Yangshan Island are obtained. It is shown that the highest diversity occurs at the coverage of 30%~40% range of fouling organisms, and this result supports the intermediate disturbance hypothesis in all three diversity indices. Coverage is the basic parameter widely available for most observations or monitoring programs. The good qualitative characteristics of coverage provide a powerful tool for theoretical, experimental and modeling studies of fouling organisms in response to the disturbance.

Keywords Yangshan Port; fouling organism; community structure; biodiversity; coverage

收稿日期: 2010-10-20; 修回日期: 2010-12-17

基金项目: 上海市教委科研创新项目 (10YZ125); 上海市科委海洋科技临港专项 (10dz1210900); 上海市教委重点学科建设项目 (J50701)

作者简介: 薛俊增, 教授, 研究方向为流域与近海生态学, 电子信箱: jzxue@shou.edu.cn; 吴惠仙 (通信作者), 副教授, 研究方向为海洋生态学, 电子信箱: hxwu@shou.edu.cn

0 引言

海洋污损生物又称海洋附着生物,全世界共有 4000 余种,中国沿海已记录 614 种,其中最主要的类群是藻类、水螅、苔藓虫、龙介虫、双壳类、藤壶和海鞘等^[1-2]。有关港口污损生物的研究,在污损生物研究伊始就是重要的研究方面。欧美和日本的污损生物研究开展的相对较早,两次世界大战,特别是第二次世界大战期间,污损生物对船只及水中武器和设施造成了严重的危害而引起人们的极大重视,此后的 30 年,生物污损及防除的研究在各个国家得以迅速开展^[1,3]。中国对港口污损生物生态学的研究始于 20 世纪 50 年代,全面开展于 60 年代至 80 年代。目前,中国已对渤海^[4]、黄海^[5]、东海^[5-6]、南海^[5,7] 的近 30 个港口和码头(包括香港的维多利亚港^[8]和台湾的八斗子港^[9])进行了污损生物生态学研究,研究方向从最初的污损生物生态学和生物学逐渐向微生物黏膜、附着机制、防污及外来种入侵等方面扩展。

洋山港于 2005 年 12 月建成开港,地理位置位于杭州湾口、长江口外的崎岖列岛,由大、小洋山等数十个岛屿组成,是中国大陆首个在海岛建设的港口。大量外来货轮的停靠使洋山港成为海洋污损生物入侵的高风险区;同时随着港口建成时间的推移,附着生物日趋增多,这也将对港口设施造成严重影响。目前,关于洋山港海洋生物和生态方面的研究在底栖生物^[10-11]及浮游生物^[12]调查等方面有相关报道,涉及码头污损生物部分的研究尚未开展,因此在该港区进行污损生物研究随着港口的进一步建设和海洋贸易的繁荣发展日显而紧迫。本文对洋山港码头污损生物的群落结构及多样性进行了研究,以期阐明洋山港码头污损生物生态现状,为码头污损生物的防除、外来污损生物的监测以及港口生态系统的保护提供相关理论基础。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与分析

洋山港码头污损生物标本的采集点为洋山港 2 号码头水泥桩柱(图 1),于 2010 年 5 月大潮低潮时采集。采样设 5 个站位,分别为高潮区(H)1 个站位(潮位为 400cm),中潮区(中潮区上部(MH)、中潮区中部(MM)和中潮区下部(ML))三个站位(潮位分别为 300、250 和 200cm),低潮区(L)1 个站位(潮位为 100cm)。每个站位采集 9 个样方,每个样方采集面积

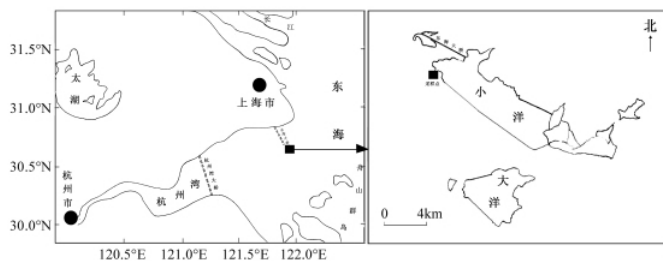


图 1 洋山港污损生物采样点分布

Fig. 1 Sampling site of fouling organisms in Yangshan Port

为 20cm²×20cm²,标本采集固定后装入塑封袋,带回实验室进行室内分析。采集标本前拍照记录,用以研究各样方的覆盖率,覆盖率为污损生物附着面积与样方面积之比,其中附着面积用简单的计数得到(将样方划分方格,对样方中所有代表污损生物的方格进行计数统计)。

1.2 多样性指数分析

生物多样性指数分析,采用以下计算公式。

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Margalef 多样性指数:

$$H' = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

Simpson 丰富度指数:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Pielou 均匀度指数:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

优势度:

$$Y = \left(\frac{n_i}{N} \right) \cdot f_i$$

式中, S 为总种数; p_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例; N 为所有种的个体总数; f_i 为第 i 种的出现频率,计算方法为该种出现的样方数与总样方之比的百分数。

1.3 数据分析及处理

采用 SPSS 16.0 软件对所获得的数据进行方差分析(ANOVA),采用 DPS 数据处理系统对所获得的数据进行回归分析。

2 结果与分析

2.1 种类组成

洋山港码头共采集到污损生物 17 种,其中甲壳动物 7 种,软体动物 8 种,环节动物 2 种。网纹纹藤壶(*Amphibalanus reticulatus*)和僧帽牡蛎(*Ostrea cucullata*)为优势种($Y = 0.396, 0.250$),短滨螺(*Littorina brevicula*)、齿纹蛭螺(*Nerita yoldii*)、凸壳肌蛤(*Musculus senhousia*)、粗糙滨螺(*Littoraria articulate*)及白脊管藤壶(*Fistulobalanus albicostatus*)为该区域的常见种($Y > 0.01$),其余种类出现频率较低($Y < 0.002$)。不同物种在不同潮区的出现频率不同(表 1)。僧帽牡蛎、网纹纹藤壶、短滨螺、粗糙滨螺和齿纹蛭螺在不同潮区均有附着;东方小藤壶(*Chthamalus challengeri*)仅附着在高潮区及中潮区上部;白脊管藤壶、日本笠藤壶(*Tetraclita japonica*)及泥管藤壶(*F. Kondakovi*)出现在高潮区及中潮区中上部;丽小笔螺(*Mitrella bella*)、四齿大额蟹(*Metopograpsus quardridentatus*)、多齿围沙蚕(*Perinereis nuntia*)和独齿围沙蚕(*P. cultrifera*)仅在低潮区及中潮区下部出现。从高潮区到低潮区,网纹纹藤壶、僧帽牡蛎及凸壳肌蛤大量附着,构成附着生物的主要类群。

表 1 洋山港码头不同潮区污损生物的出现频率

Table 1 Frequency of fouling organisms in different intertidal zone of Yangshan Port

种类	H	MH	MM	ML	L
白脊管藤壶 (<i>Fistulobalanus albicostatus</i>)	55.56	100.00	55.56	44.4	0
泥管藤壶 (<i>F. Kondakovi</i>)	0	0	22.2	0	0
日本笠藤壶 (<i>Tetraclita japonica</i>)	11.11	22.22	0	0	0
网纹纹藤壶 (<i>Amphibalanus reticulatus</i>)	22.22	88.89	100.00	100.00	100.00
纹藤壶 (<i>A. amphitrite</i>)	0	11.11	0.00	11.1	0
东方小藤壶 (<i>Chthamalus challengeri</i>)	22.22	11.11	0	0	0
四齿大额蟹 (<i>Metopograpsus quardridentatus</i>)	0	0	0	0	11.11
短滨螺 (<i>Littorina brevicula</i>)	88.89	77.77	100.00	100.00	88.89
粗糙滨螺 (<i>Littoraria articulata</i>)	100	66.67	33.33	11.1	44.44
齿纹蜒螺 (<i>Nerita yoldii</i>)	33.33	77.77	77.77	88.9	55.56
丽小笔螺 (<i>Mitrella bella</i>)	0	0	0	11.1	0.00
史氏背尖贝 (<i>Nipponacmea schrenckii</i>)	0	44.44	22.22	22.2	33.33
凸壳肌蛤 (<i>Musculus senhousia</i>)	0	55.56	66.67	88.9	100.00
僧帽牡蛎 (<i>Ostrea cucullata</i>)	33.33	88.89	100.00	100.00	100.00
嫁蛾 (<i>Cellana toreuma</i>)	11.11	0	44.44	11.1	11.11
独齿围沙蚕 (<i>Perinereis cultrifera</i>)	0	0	0	11.1	0
多齿围沙蚕 (<i>P. nuntia</i>)	0	0	0	11.1	55.56

2.2 密度与生物量

洋山港码头污损生物的平均密度为 1713.9/m², 变化范围在 75.0~4375.0/m², 不同潮区污损生物密度具有显著差异 ($P < 0.05$)。污损生物密度在高潮区最低, 仅为 (311.11±81.5)/m², 随着潮位的降低, 密度逐渐递增, 到低潮区达到最高, 为 2952.8±284.87/m²(图 2(a))。洋山港码头污损生物的平均生物量为 1773.6g/m², 变化范围为 3.29~5079.14g/m²。不同潮区污损生物量具有极显著差异 ($P < 0.01$)。高潮区仅为 (101.41±37.65)g/m², 从高潮区到低潮区, 生物量急剧增加, 到低潮区生物量达到最高, 为 (4342.2±271.9)g/m²(图 2(b))。

2.3 群落结构与多样性

洋山港码头污损生物的群落结构在不同潮区明显不同: 高潮区污损生物主要以白脊管藤壶、短滨螺及东方小藤壶为主, 生物组成以少量忍耐种为主, 群落结构单一; 中潮区污损生物的种类和数量开始增加, 群落的优势种逐渐被僧帽牡蛎和网纹纹藤壶代替, 但优势种不明显, 生物组成较为均匀, 群落结构较为复杂; 低潮区生物数量激增但种类增幅减缓, 群落的优势种完全被网纹纹藤壶和僧帽牡蛎代替, 生物组成基

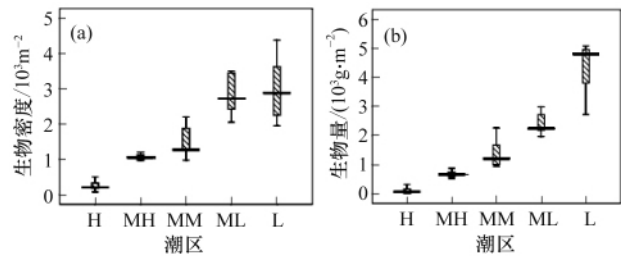


图 2 不同潮区污损生物密度与生物量的分布

Fig. 2 Distribution of density and biomass of fouling organisms in different intertidal zone

本以优势种为主, 均匀度开始迅速下降, 群落结构较为单一。从高潮区到低潮区, 洋山港码头污损生物种类数基本呈上升趋势, 而均匀度呈明显下降趋势(表 2)。洋山港码头污损生物多样性指数在不同潮区呈现不同的水平(表 2)。Simpson 物种丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数及 Margalef 多样性指数均以中潮区上部物种丰富度最高, 以高潮区物种丰富度最低, 变化趋势均为中潮区>高潮区>低潮区。

表 2 洋山港码头不同潮区污损生物的多样性指数

Table 2 Biodiversity of fouling organisms in different intertidal zone

潮位	Shannon-Wiener 多样性指数	Margalef 多样性指数	Simpson 丰富度指数	Pielou 均匀度指数	种类数
H	0.98±0.35	0.64±0.32	0.46±0.12	0.85±0.11	3.67±1.87
MH	1.37±0.47	1.03±0.39	0.65±0.17	0.76±0.15	6.22±2.11
MM	1.29±0.20	0.85±0.16	0.64±0.09	0.72±0.08	6.00±1.12
ML	1.04±0.34	0.91±0.23	0.50±0.17	0.53±0.14	7.22±1.64
L	1.04±0.24	0.73±0.15	0.53±0.12	0.59±0.16	6.00±1.12

2.4 覆盖率与多样性

洋山港码头桩柱不同覆盖率下污损生物的种类数和 Pielou 均匀度指数变化趋势明显不同 (图 3)。种类数回归曲线基本呈上升趋势,随着覆盖率的增加,上升趋势逐渐减缓,特别是在覆盖率大于 40%之后,回归曲线基本持平甚至有所下降,种类数最终稳定在 6 种左右;Pielou 均匀度指数回归曲线呈明显下降趋势,下降趋势基本保持一致,随着覆盖率的增加,均匀度低于 0.5 的采样点增多,有些采样点的均匀度竟达到 0.31。

以 Shannon-Wiener、Margalef 和 Simpson 多样性指数为基础,对洋山港码头桩柱不同覆盖率下附着生物的多样性指数进行回归分析(图 4)。3 种多样性指数回归曲线显示,洋山港码头桩柱不同覆盖率下的多样性指数均呈一个单峰上拱的指数曲线:覆盖率低于 20%时,曲线呈指数增加;覆盖率在 20%

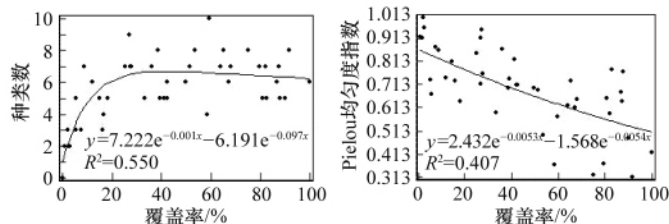


图 3 不同覆盖率下污损生物的群落结构变化
Fig. 3 Community structure of fouling organisms in different coverage

~40%时,多样性最高且处于转折阶段;覆盖率大于 40%之后,曲线呈指数下降。洋山港污损生物在中等程度的覆盖率下的多样性指数最高,这与 Connell 的中等干扰假说相一致,即附着生物覆盖率可以作为指示干扰程度的一种量化指标。

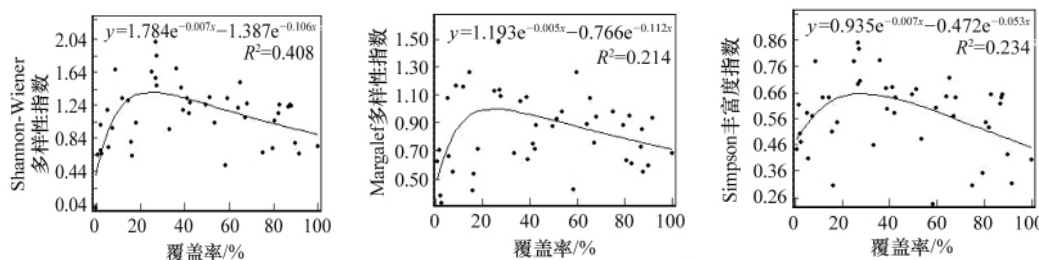


图 4 不同覆盖率下污损生物的多样性变化
Fig. 4 Diversity of fouling organisms in different coverage

3 讨论

3.1 洋山港码头污损生物群落特征

随着港口的建设及发展,洋山港已成为中国国际贸易最重要的港口,与近 200 个国家和地区的 500 多个港口建立了业务往来,大量外来货轮的停靠,使得洋山港成为海洋污损生物入侵的高风险区。此次定量采样共采集到东方小藤壶 3 个,附着于高潮区或中潮区上部,其密度为 5.0/m²,生物量为 0.42g/m²。东方小藤壶是渤海和黄海的特征种,从未在长江以南的东海和南海出现过^[13],此次在洋山港采集到的东方小藤壶来源可能有二:一是北方种扩展而来;二是通过船底附着、压舱水排放等途径由国外侵入。由于外来种与当地物种产生竞争,改变原生态系统^[14],因此对洋山港外来物种的进一步监测和研究,在理论和实践上均有重要意义。洋山港码头共采集污损生物 17 种,除东方小藤壶外,所有污损生物种类均为该海域的常见附着生物,在历史资料中均有发现^[15],总体上看,洋山港污损生物种类较少,密度和生物量较低,这可能是受长江冲淡水的影响,港区海域的水环境复杂多变造成的^[1]。

3.2 群落结构与多样性

群落结构的变化对生物多样性具有重要的影响,生物多样性水平往往随群落结构复杂性的增加而增加^[16-18]。洋山港码头污损生物多样性与群落结构变化规律为:高潮区污损生物以少量忍耐种为主,群落结构单一,生物多样性较低;中潮

区污损污损生物组成较为均匀,群落结构较为复杂,生物多样性较高;低潮区污损生物组成基本以优势种为主,均匀度开始迅速下降,群落结构较单一,因此生物多样性不高。即洋山港污损生物多样性随群落结构复杂性的增加而增加,这与传统规律相一致。由于群落结构的变化取决于实际的物种共存机制,因此物种共存机制对多样性的影响尤其应该受到重视^[19]。实际上,外部环境对生物多样性的影响可能正是通过影响群落内的物种共存机制,进而影响群落的生物多样性,而中度干扰假说则只存在于物种间以干扰性竞争为主导力量的群落^[20]。

3.3 覆盖率与多样性

覆盖率与多样性之间具有微妙的关系,用覆盖率作为干扰代用指标衡量多样性的变化具有重要的意义。Connell 提出“中度干扰假说”时已经在默认状态下使用覆盖率作为干扰的代用指标,并指出在中等程度的干扰下生物多样性最高^[21];Sebens 在研究潮间带底栖生物时,明确提出利用岩石表面的“无附着空间”作为干扰的度量来衡量多样性的水平^[22];黄晖在研究永兴岛珊瑚群落时,提出用珊瑚覆盖率作为干扰指标,并得出在中等干扰水平下珊瑚的多样性最高^[23]。本文利用附着生物覆盖率作为干扰程度的指标可以很好地度量生物多样性水平,洋山港码头污损生物覆盖率在 30%~40%时多样性最高,其结果在 Shannon-Wiener、Margalef 和 Simpson 三种

多样性指数中均支持中度干扰假说。

4 结论

洋山港码头共采集污损生物 17 种, 网纹纹藤壶和僧帽牡蛎为绝对优势种。污损生物的密度和生物量在不同潮区明显不同, 其变化规律为低潮区>中潮区>高潮区。从高潮区到低潮区, 污损生物群落结构和多样性明显不同: 种类数基本呈上升趋势, 均匀度呈明显下降趋势, 而 Shannon-Wiener、Margalef 和 Simpson 三种多样性指数则呈先升高后降低的趋势。洋山港污损生物覆盖率与多样性指数呈一个单峰上拱的曲线, 覆盖率在 30%~40% 区间内污损生物多样性最高, 该结果在 Shannon-Wiener、Margalef 及 Simpson 三种多样性指数中均支持中度干扰假说。

参考文献 (References)

- [1] 黄宗国, 蔡如星. 海洋污损生物及其防除[M]. 北京: 海洋出版社, 1984.
Huang Zongguo, Cai Ruxing. Marine biofouling and its prevention[M]. Beijing: Ocean Press, 1984.
- [2] 张明明, 赵文, 于世超. 我国海洋污损生物的研究概况 [J]. 水产科学, 2008, 27(10): 545-549.
Zhang Mingming, Zhao Wen, Yu Shichao. Fisheries Science, 2008, 27 (10): 545-549.
- [3] Woods Hole Oceanographic Institution. Marine fouling and its prevention [M]. Maryland: Annapolis, United States Naval Institute, 1952.
- [4] 李传燕, 黄宗国, 王建军, 等. 烟台港附着生物生态研究 [J]. 海洋学报, 1990, 12(1): 107-114.
Li Chuanyan, Huang Zongguo, Wang Jianjun, et al. Acta Oceanologica Sinica, 1990, 12(1): 107-114.
- [5] 李洁民, 黄修明, 黎国珍, 等. 中国几个主要海港附着生物生态的研究 [J]. 海洋与湖沼, 1964, 6(4): 371-408.
Li Jiemin, Huang Xiuming, Li Guozhen, et al. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1964, 6(4): 371-408.
- [6] 李传燕, 林盛, 黄宗国, 等. 沙埕港污损生物生态研究 [J]. 台湾海峡, 1994, 13(2): 111-117.
Li Chuanyan, Lin Sheng, Huang Zongguo, et al. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1994, 13(2): 111-117.
- [7] 郑成兴, 黄宗国, 李传燕, 等. 汕头港码头、浮标污损生物 [J]. 海洋学报, 1996, 18(1): 115-124.
Zheng Chengxing, Huang Zongguo, Li Chuanyan, et al. Acta Oceanologica Sinica, 1996, 18(1): 115-124.
- [8] 黄宗国, 陈丽淑. 台湾省两个港湾污损生物初步研究 [J]. 海洋学报, 2002, 24(6): 92-98.
Huang Zongguo, Chen Lishu. Acta Oceanologica Sinica, 2002, 24(6): 92-98.
- [9] 黄玉山, 黄宗国, 刘培生, 等. 香港维多利亚港码头的附着生物群落[J]. 海洋学报, 1999, 21(2): 86-92.
Huang Yushan, Huang Zongguo, Liu Peisheng, et al. Acta Oceanologica Sinica, 1999, 21(2): 86-92.
- [10] 罗民波, 沈新强, 朱江兴, 等. 洋山岛周围海域大型底栖动物分布特征[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(2): 21-25.
Luo Minbo, Shen Xinqiang, Zhu Jiangxing, et al. Marine Environmental Science, 2006, 25(2): 21-25.
- [11] 卜秋兰, 沈新强, 罗民波. 洋山深水港海域大型底栖动物年际生态变化的初步研究[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(4): 72-77.
Bu Qiulan, Shen Xinqiang, Luo Minbo. Progress in Fishery Sciences, 2009, 30(4): 72-77.
- [12] 徐兆礼, 沈新强, 袁骥, 等. 杭州湾洋山岛周围海域浮游动物分布特征[J]. 水产学报, 2003, 27(S1): 69-75.
Xu Zhaoli, Shen Xinqiang, Yuan Qi, et al. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(S1): 69-75.
- [13] 刘瑞玉, 任先秋. 中国动物志无脊椎动物第四十二卷甲壳动物亚门蔓足下纲围胸总目[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
Liu Ruiyu, Ren Xianqiu. Fauna sinica, invertebrata vol. 42, Crustacea, Cirripedia, Thoracica[M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [14] Huang Z G, Morton B. Mytilopsis sallei established in Victoria Harbour [J]. Malacol Rve, 1983, 16: 97-98.
- [15] 杨万喜, 陈永寿. 崂泗列岛潮间带群落生态学研究 I. 岩相潮间带底栖生物群落组成及季节变化[J]. 应用生态学报, 1996, 7(3): 305-309.
Yang Wanxi, Chen Yongshou. Chinese Journal of Applied Ecology, 1996, 7(3): 305-309.
- [16] Huston M A. Biological diversity: The coexistence of species on changing landscapes[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [17] McGuinness K A. Disturbance and organisms on bolders. I. Patterns in the environment and the community[J]. Oecologia, 1987, 71(3): 409-419.
- [18] Juhász-Nagy P. Notes on compositional diversity [J]. Hydrobiologia, 1993, 249: 173-182.
- [19] 张全国, 张大勇. 生物多样性与生态系统功能: 最新的进展与动向[J]. 生物多样性, 2003, 11(5): 351-363.
Zhang Quanguo, Zhang Dayong. Chinese Biodiversity, 2003, 11 (5): 351-363.
- [20] Collins S L, Glenn S M. Intermediate disturbance and its relationship to within- and between-patch dynamics [J]. NZ J Ecol, 1997, 21(1): 103-110.
- [21] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs[J]. Science, 1978, 199(4335): 1302-1310.
- [22] Sebens K P. Community ecology of vertical rock walls in the Gulf of Maine, USA: Small-scale processes and alternative community states [M]. New York: Columbia University Press, 1985, 346-371.
- [23] 黄晖, 练健生, 黄小平, 等. 用珊瑚覆盖率作为干扰指标-永兴岛石珊瑚生物多样性研究[J]. 科学通报, 2006(S2): 108-113.
Huang Hui, Lian Jiansheng, Huang Xiaoping, et al. Chinese Science Bulletin, 2006(S2): 108-113.

(责任编辑 吴晓丽)

《科技导报》“科技纵横捭阖”栏目征稿

“科技纵横捭阖”栏目收录对学术热点、前沿、学术争论、争端, 科学与文化, 科学人物介绍, 海外科研、留学经历, 科学史, 科学渊源, 科学决策、学术会议、科学活动, 以及科研经费、科研项目申报、考试等方面的杂谈文章。每篇文章约 2200 字, 要求求实、具体, 行文深入浅出、言简意赅、逻辑清晰、有理有据、观点鲜明、切中要害, 可读性强。栏目责任编辑: 王芷, 电子信箱: wangzhi@cast.org.cn; 在线投稿: www.kjdb.org。